



iner 6

DOSSIER DE VALIDATION

<http://sourceforge.net/projects/iner6>

Procédure de calcul dans iner6.....	2
Présentation de l'interface graphique.....	2
Méthode de calcul.....	2
Données générées en sortie.....	3
Tests de validation de la norme 13786 (annexe D).....	4
Exemple 1.....	4
Exemple 2.....	5
Bilan des tests issus de la norme.....	5

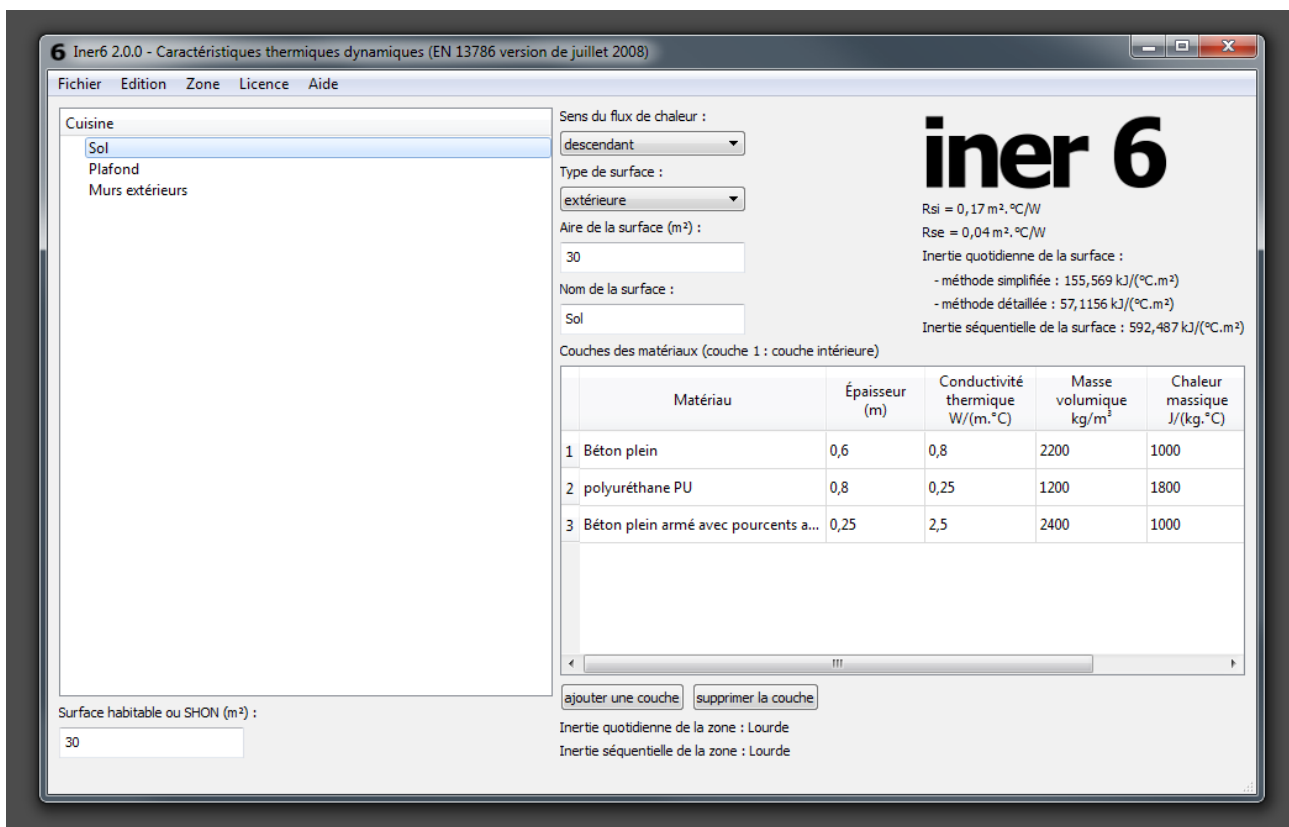
PROCÉDURE DE CALCUL DANS INER6

Présentation de l'interface graphique

iner6 se présente sous la forme d'une application à fenêtre unique. Le calcul est réalisé pour une zone à la fois. La zone est définie par l'ensemble des surfaces la composant, la surface utile à prendre en compte (SHON ou surface habitable) et l'éventuelle prise en compte de l'inertie forfaitaire du mobilier.

Chaque surface est définie par son aire, le type d'ambiance (intérieure ou extérieure), le sens du flux de chaleur (ascendant, descendant, horizontal) et l'ensemble des couches de construction la composant. Chaque couche de construction est composée d'une épaisseur et d'un matériau (défini par sa conductivité thermique, sa chaleur massique et sa masse volumique).

L'ensemble de ces données constitue les données d'entrée nécessaires au calcul de l'inertie de la zone, conformément à la norme EN 13786 et aux hypothèses complémentaires de la RT 2005 ou RT 2012.



Méthode de calcul

La méthode de calcul implémentée dans iner6 est la suivante. Elle est conforme aux hypothèses complémentaires de la RT 2005 et RT 20012 :

- les calculs sont menés avec les valeurs utiles fournies des matériaux¹,
- les résistances thermiques superficielles considérées sont définies dans l'annexe 6 des règles Th-I²,
- l'inertie quotidienne de chaque surface est calculée avec la méthode détaillée et la méthode simplifiée. L'inertie retenue est celle de plus grande valeur³, sauf pour des éléments dont l'épaisseur est inférieure à 80 mm auquel cas la méthode simplifiée est toujours retenue⁴,
- l'inertie séquentielle de chaque surface est calculée avec la méthode simplifiée⁵.

¹ EN 13786, §5.b

² règles Th-I, annexe 6, §2

³ règles Th-I, annexe 6, §1, rem.

⁴ règles Th-I, annexe 6, §7

⁵ règles Th-I, annexe 6, §8

iner6 indique comme résultat intermédiaire les inerties quotidiennes et séquentielles pour les surfaces composant la zone, comme illustré ci-contre.

Le calcul de l'inertie totale de la zone est réalisée conformément à la RT 2005 et RT 2012 en considérant les aires respectives des surfaces ainsi que leurs inerties⁶. Le résultat est directement traduit en termes issus des règles Th-I (très légère, légère, moyenne, lourde, très lourde).

Inertie quotidienne de la surface :

- méthode simplifiée : 95,3303 kJ/(°C.m²)

- méthode détaillée : 69,6594 kJ/(°C.m²)

Inertie séquentielle de la surface : 405,14 kJ/(°C.m²)

Inertie quotidienne de la zone : Lourde

Inertie séquentielle de la zone : Lourde

Données générées en sortie

iner6 permet de générer un document PDF contenant un résumé de la zone modélisée ainsi que les résultats permettant de caractériser les propriétés thermiques dynamiques de la zone. Un extrait du rapport PDF généré est présenté ci-dessous ; celui-ci contient notamment⁷ :

- les aires des surfaces,
- les matériaux composant les différentes couches des différentes surfaces,
- les résistances thermiques superficielles considérées,
- les coefficients complexes de la matrice de transfert thermique lorsque la méthode détaillée est utilisée,
- les admittances intérieure et extérieure (module et argument),
- les facteurs d'amortissement,
- les conductances thermiques résultantes, sans ponts thermiques,
- les capacités thermiques intérieures,
- les méthodes utilisées pour les calculs des inerties quotidiennes (méthode détaillée ou simplifiée),
- la surface utile de la zone considérée, la prise en compte (s'il y a lieu) de l'inertie forfaitaire pour le mobilier, et les inerties quotidienne et séquentielle exprimées en terme de la RT 2005 et RT 2012.

Nom de la surface :	Plafond	
Aire :	30 m ²	
Type :	intérieure	
Conductance (sans ponts thermiques) :	0,175243 W/(m ² .°C)	
Résistance superficielle intérieure :	0,1 m ² /(W.°C)	
Résistance superficielle extérieure :	0,17 m ² /(W.°C)	
Inertie séquentielle de la surface :	méthode simplifiée - annexe A de la norme EN 13786:2008-07 (épaisseur efficace)	
Capacité thermique intérieure :	12,48 kJ/(m ² .°C)	
Inertie quotidienne de la surface :	méthode détaillée - norme EN 13786:2008-07	
Matrice de transfert thermique (complexe géométrique)		
	10,6517.exp(2,89559)	9,04546.exp(-1,30528)
	14,5161.exp(0,74845)	12,4069.exp(2,83476)
Admittance intérieure (W/(m ² .°C)) :	1,28508 (décalage temporel : 4,12619 h)	
Admittance extérieure (W/(m ² .°C)) :	1,36124 (décalage temporel : 3,62339 h)	
Facteur d'amortissement :	0,630854	
Capacité thermique intérieure :	17,6712 kJ/(°C.m ²)	
Capacité thermique extérieure :	20,3155 kJ/(°C.m ²)	
Transmission thermique périodique :	0,110553 W/(m ² .°C) (décalage temporel : -7,01419 h)	

Composition de la surface (couche 1 à l'intérieur) :

Matériau	Épaisseur (m)	Conductivité (W/(m.°C))	Masse volumique (kg/m ³)	Chaleur massique (J/(°C.kg))
Panneaux de masse volumique	0,026	0,11	300	1600
Laines de verre	0,2	0,04	100	1030
Panneaux de masse volumique	0,026	0,13	400	1600

6 règles Th-I, annexe 1 & annexe 2, §3

7 EN 13786, §8.1

Exemple 1

Soit un mur homogène de 200 mm en béton. Ses caractéristiques physiques sont:

- conductibilité thermique, $\lambda = 1,8 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$;
- masse volumique, $\rho = 2\,400 \text{ kg/m}^3$;
- capacité thermique massique, $c = 1\,000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

Le premier exemple de la norme 13786 est décrit ci-dessus⁸. Il s'agit d'un élément constitué d'une seule couche, supposée verticale (flux de chaleur horizontal) et séparant une ambiance intérieure et extérieure. La norme indique pour cette construction différents résultats numériques. Les valeurs renseignées sont comparées avec les résultats numériques obtenus avec iner6. L'ensemble des résultats est cohérent, à la précision d'écriture employée par la norme. Afin d'alléger la présentation des résultats les unités physiques seront omises.

Cependant les éléments suivants n'entrant pas de le cadre des calculs proposés par le logiciel iner6, leur validation n'a pas été vérifiée :

- profondeur de pénétration périodique,
- matrice de transfert thermique de la couche de béton sans prise en compte des résistances thermiques superficielles,
- coefficient de transmission thermique périodique,
- les capacités thermiques surfaciques indiquées en seconde partie de l'exemple.

La matrice de transfert thermique de l'élément considéré avec ses résistances superficielles est indiquée ci-dessous. Les résultats obtenus avec iner6 sont similaires à ceux indiqués par la norme.

	valeurs annexe D		valeurs iner6		écarts absolus	
	partie réelle	partie imaginaire	partie réelle	partie imaginaire	partie réelle	partie imaginaire
Z_{11}	-0,508	3,081	-0,507617	3,08057	3,83E-004	4,30E-004
Z_{12}	-0,046	-0,545	-0,0464144	-0,545352	4,14E-004	3,52E-004
Z_{21}	22,16	-30,55	22,1609	-30,5525	9,00E-004	2,50E-003
Z_{22}	-2,502	5,83	-2,5021	5,83029	1,00E-004	2,90E-004

Les caractéristiques thermiques dynamiques de la paroi telles que renseignées dans la norme sont identiques aux résultats obtenus avec iner6, à la précision d'écriture de la norme près.

	valeurs annexe D		valeurs iner6		écarts absolus	
	Module	Décalage temporel	Module	Décalage temporel	Module	Décalage temporel
Admittance thermique intérieure	5,7	0,95	5,70431	0,94812	4,31E-003	1,88E-003
Admittance thermique extérieure	11,59	1,87	11,5919	1,87277	1,90E-003	2,77E-003
Capacité thermique surfacique intérieure	86	-	86	-	0,00E+000	-
Capacité thermique surfacique extérieure	171	-	171	-	0,00E+000	-
Coefficient de transmission thermique	3,56	-	3,55731	-	2,69E-003	-
Facteur d'amortissement	0,514	-	0,51361	-	3,90E-004	-

Un test de non régression par rapport à la version 1 d'iner6 a été effectué concernant la capacité thermique séquentielle intérieure. Le résultat numérique obtenu (235 kJ) reste inchangé.

Exemple 2

Matériau	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	d m	R m ² ·K/W	a mm ² /s	δ m	ε_g —
Surface intérieure	—	—	—	—	0,130	—	—	—
Béton	1,80	2 400	1 000	0,200	0,111	0,75	0,144	1,393
Isolation thermique	0,04	30	1 400	0,100	2,500	0,95	0,162	0,618
Crépi	1,00	1 200	1 500	0,005	0,005	0,56	0,124	0,040
Surface extérieure	—	—	—	—	0,040	—	—	—

Le second exemple de la norme 13786 est présenté ci-dessus⁹. Il s'agit d'un élément constitué de 3 couches : une couche structurale, une couche isolante et un revêtement. La paroi ainsi constituée est supposée verticale (flux de chaleur horizontal) et séparant une ambiance intérieure et extérieure.

L'ensemble des résultats numériques obtenus avec iner6 est cohérent avec les valeurs indiquées par la norme, à la précision d'écriture de cette dernière près. Cependant, les éléments suivants n'entrant pas dans le cadre des calculs proposés par iner6, leur validation n'a pas été vérifiée :

- matrice de transfert thermique inverse,
- coefficient de transmission thermique périodique,
- les capacités thermiques surfaciques calculées selon l'annexe A de la norme.

Afin d'alléger la présentation des résultats les unités physiques seront omises.

	valeurs annexe D		valeurs iner6		écarts absolus	
	module	décalage	module	décalage	module	décalage
Z_{11}	98,12	8,96	98,1168	8,96183	3,20E-003	1,83E-003
Z_{21}	83,07	0,99	83,0659	0,992352	4,10E-003	2,35E-003
Z_{12}	16,51	-3,89	16,5131	-3,89118	3,10E-003	1,18E-003
Z_{22}	13,99	-11,86	13,9874	-11,8587	2,60E-003	1,30E-003

Les caractéristiques thermiques dynamiques de la paroi obtenues avec iner6 sont identiques aux valeurs renseignées par la norme.

	valeurs annexe D		valeurs iner6		écarts absolus	
	Module	Décalage temporel	Module	Décalage temporel	Module	Décalage temporel
Admittance thermique intérieure	5,94	0,85	5,94176	0,853009	1,76E-003	3,01E-003
Admittance thermique extérieure	0,85	4,03	0,84705	4,03244	2,95E-003	2,44E-003
Capacité thermique surfacique intérieure	82	-	82	-	0,00E+000	-
Capacité thermique surfacique extérieure	12	-	12	-	0,00E+000	-
Coefficient de transmission thermique	0,359	-	0,358923	-	7,70E-005	-
Facteur d'amortissement	0,169	-	0,168721	-	2,79E-004	-

Un test de non régression par rapport à la version 1 d'iner6 a été effectué concernant la capacité thermique séquentielle intérieure. Le résultat numérique obtenu (480 kJ) reste inchangé.

Bilan des tests issus de la norme

Les résultats numériques retournés par iner6 pour les tests de l'annexe D de la norme 13786 sont cohérents pour l'ensemble des tests disponibles aux valeurs référencées par la norme. Un binaire est livré avec le logiciel afin de rejouer ces tests et de vérifier les valeurs calculées dans la sortie console.

⁹ extrait de la norme 13786 version de juillet 2008, annexe D, exemple 2.